

Сталкиваясь с межзвездным газом, разлетающаяся оболочка Сверхновой нагревает его и заставляет светиться. Одновременно она распадается на множество волокон, как в туманности Вуаль в созвездии Лебедя

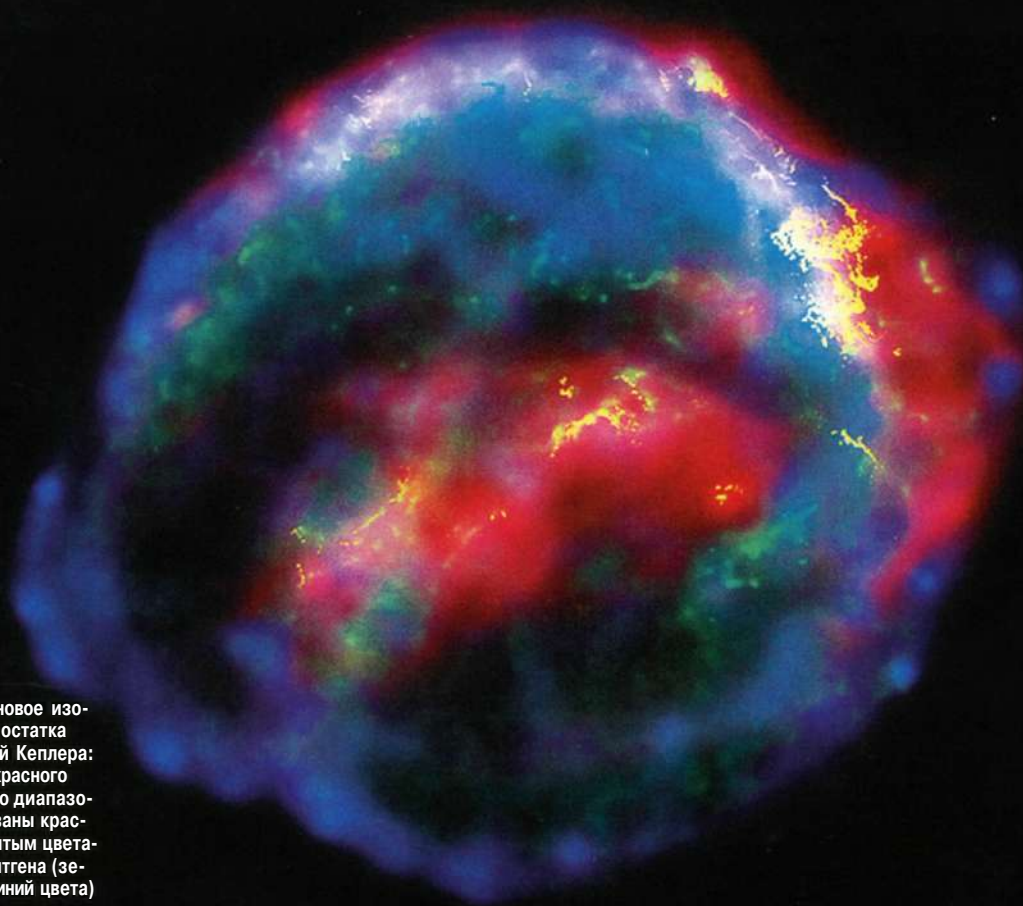
# Сверхновые

Примерно раз в сто лет среди миллиардов светил нашей Галактики появляется таинственная звезда, которая своим блеском может затмить блеск всех остальных. Жаль только, век ее недолог...

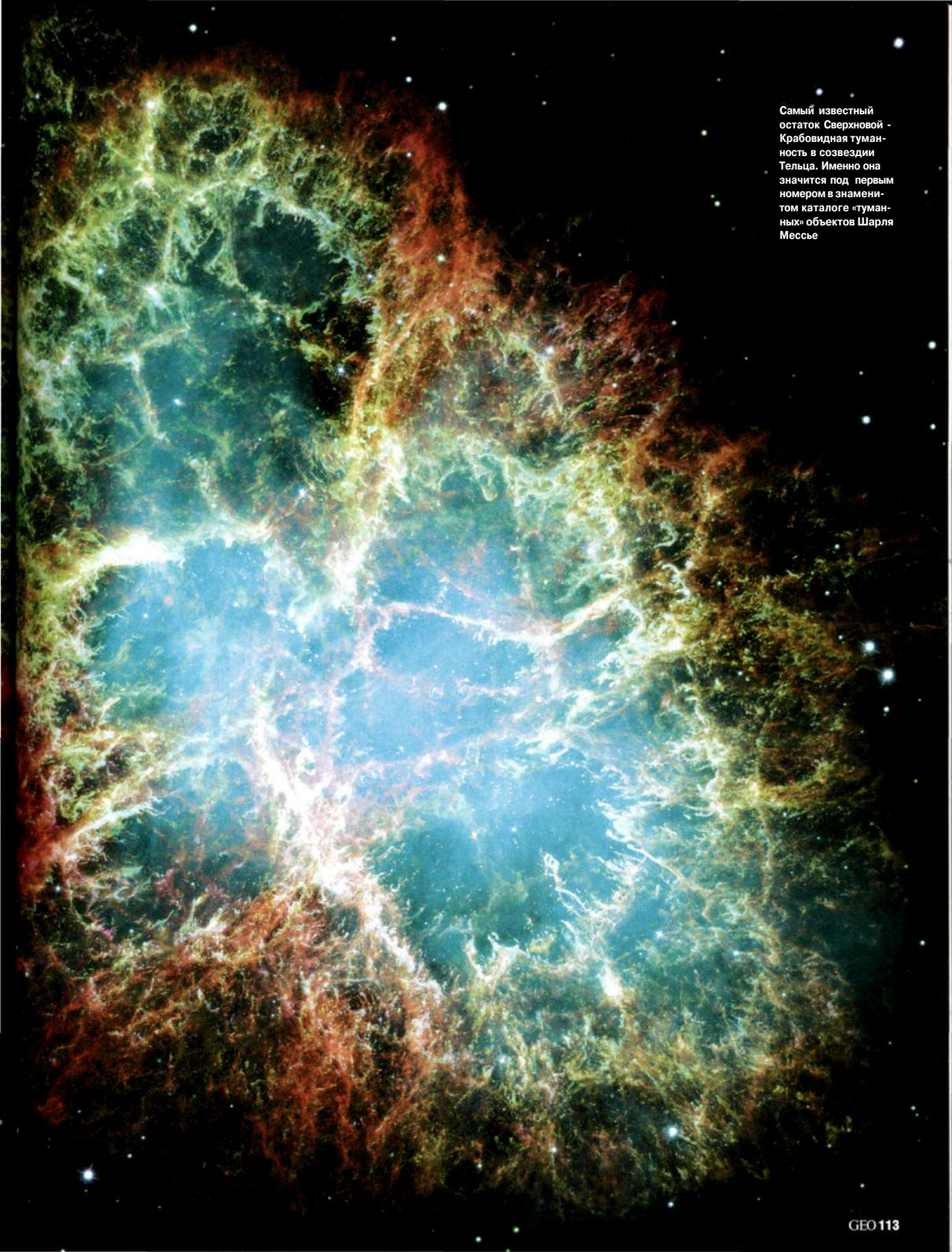


Эта вспышка произошла в клочковатом межзвездном облаке N36A (Большое Магелланово Облако). Поэтому мы можем наблюдать ее лишь частично - там, где оболочка столкнулась с особенно плотным газо-пылевым сгустком

## Любая массивная звезда – это гравитационная бомба замедленного действия



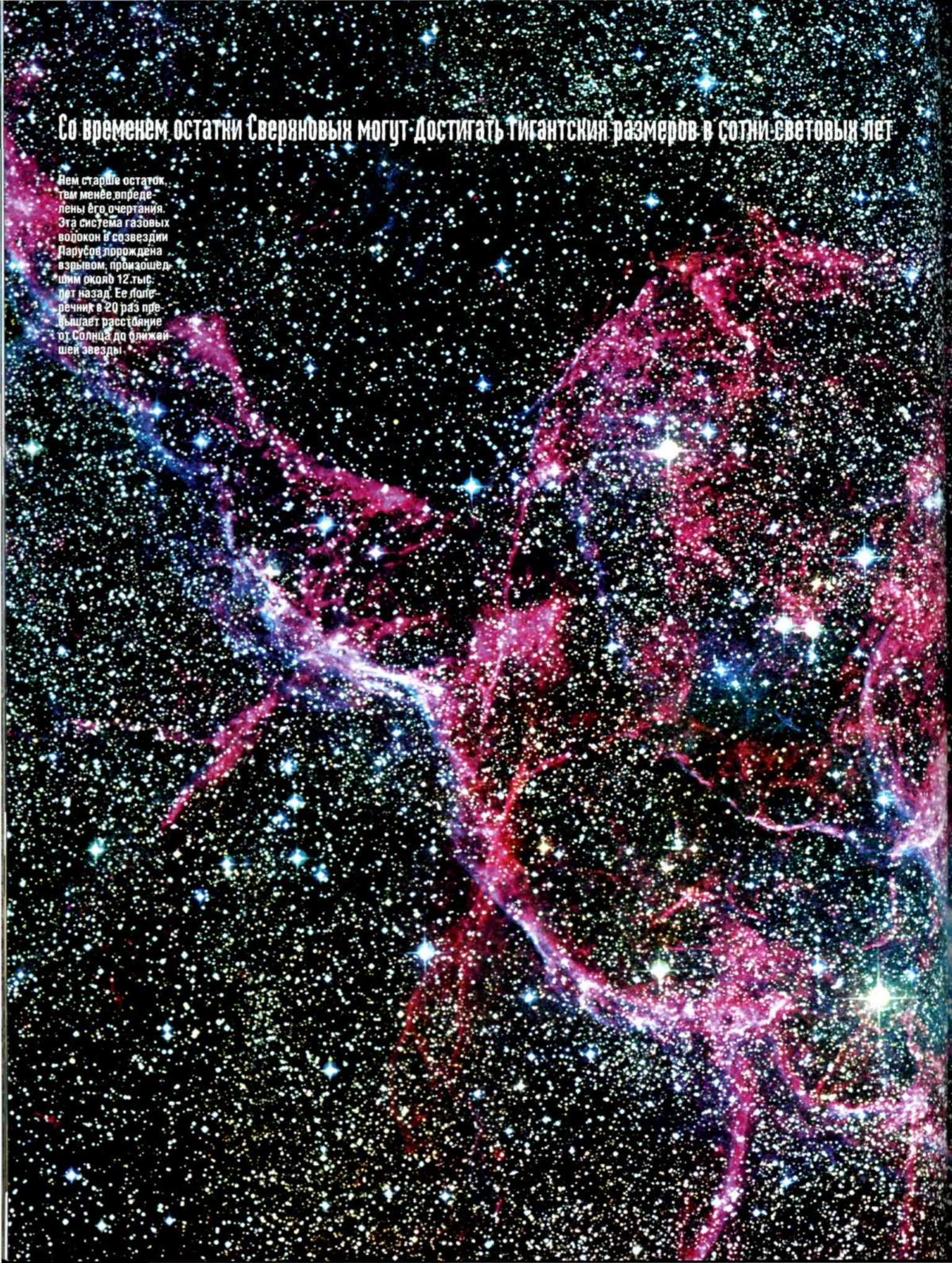
Многоволновое изображение остатка Сверхновой Кеплера: от инфракрасного и видимого диапазонов (показаны красным и желтым цветами) до рентгена (зеленый и синий цвета)



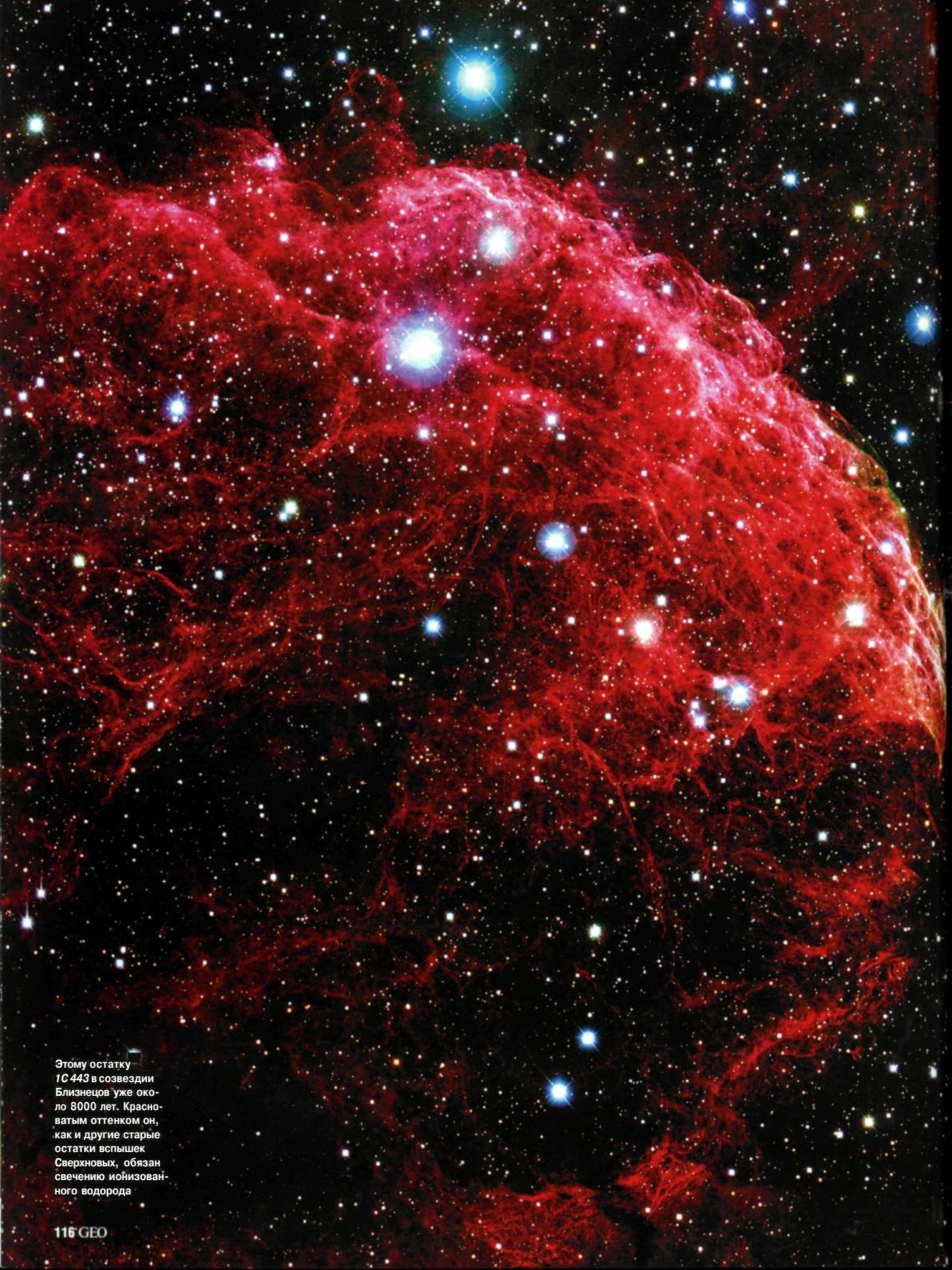
Самый известный остаток Сверхновой - Крабовидная туманность в созвездии Тельца. Именно она значится под первым номером в знаменитом каталоге «туманных» объектов Шарля Мессье

## Со временем остатки Сверхновых могут достигать титанских размеров в сотни световых лет

Чем старше остаток, тем менее определены его очертания. Эта система газových волокон в созвездии Парусов порождена взрывом, произошедшим около 12 тысяч лет назад. Ее радиус в 20 раз превышает расстояние от Солнца до ближайшей звезды.



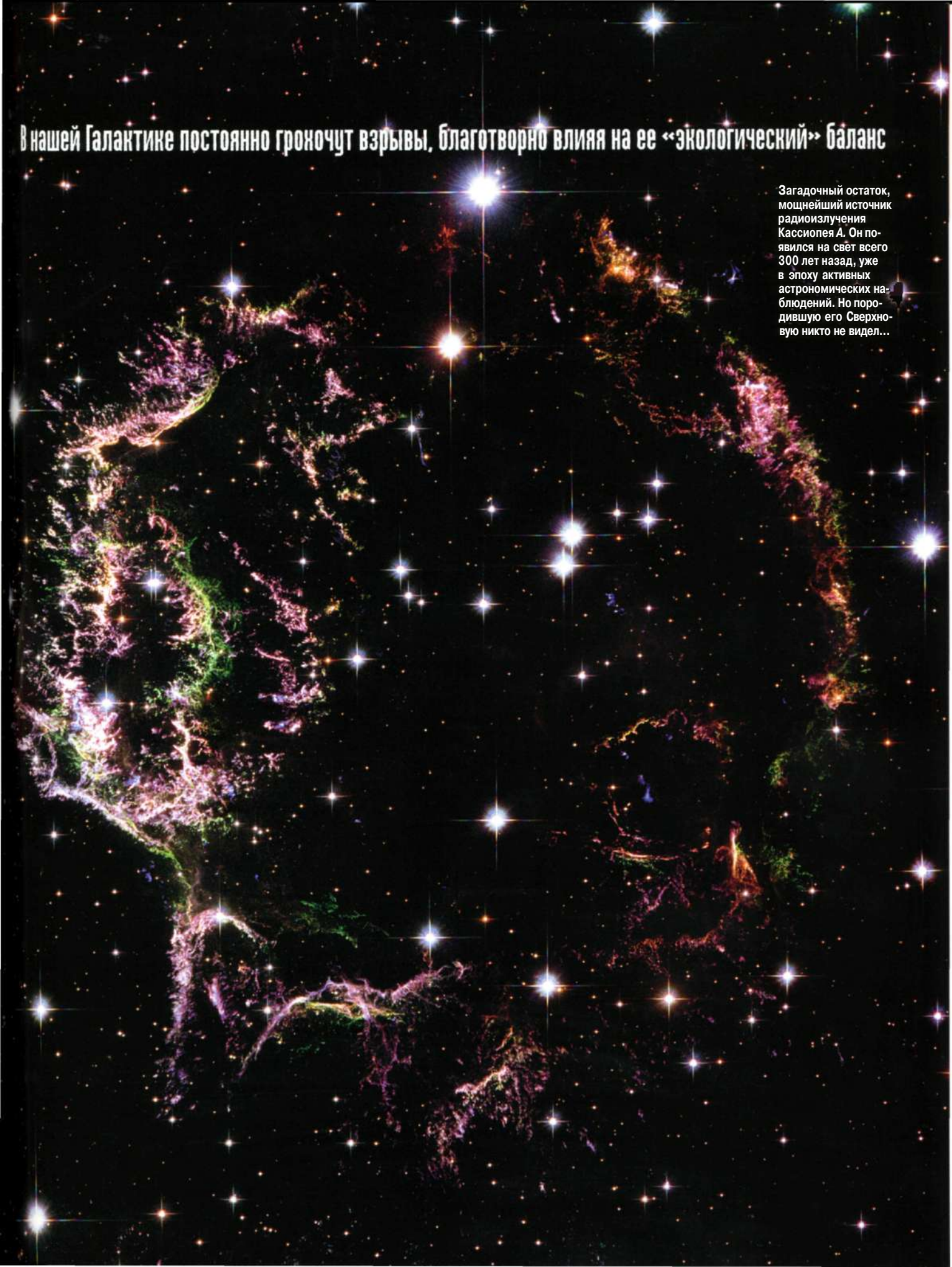


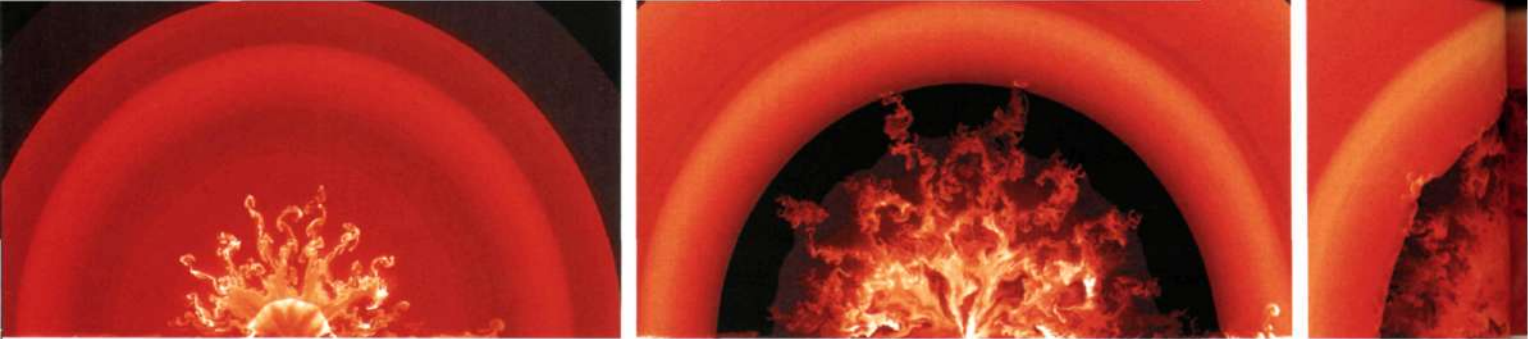


Этому остатку  
IC 443 в созвездии  
Близнецов уже око-  
ло 8000 лет. Красно-  
ватым оттенком он,  
как и другие старые  
остатки вспышек  
Сверхновых, обязан  
свечению ионизован-  
ного водорода

В нашей Галактике постоянно грохочут взрывы, благотворно влияя на ее «экологический» баланс

Загадочный остаток, мощнейший источник радиоизлучения Кассиопея А. Он появился на свет всего 300 лет назад, уже в эпоху активных астрономических наблюдений. Но породившую его Сверхновую никто не видел...





## GEOАВТОР



Ведущий научный сотрудник Института астрономии РАН Дмитрий Вибе продолжает на страницах GEO СВОЙ рассказ о Вселенной. На сей раз речь пойдет о Сверхновых

Сверхновая 1987А, едва различимая глазом, слишком ярка для современных телескопов, поэтому во время ее наблюдений входное отверстие затеняли специальной маской

**Н**аша Галактика - гигантское семейство, в котором живут сотни миллиардов очень разных звезд. Некоторые настолько тусклы, что заметить их можно, только приблизившись вплотную. Другие светят в миллион раз ярче Солнца. Блеск любой звезды на протяжении ее жизни постоянно колеблется. Правда, чаще всего эту переменность можно зафиксировать только с помощью специальных приборов. Но примерно раз в 100 лет в нашей Галактике появляется светило, блеск которого превосходит блеск всех остальных сотен миллиардов звезд вместе взятых. На глазах у изумленных наблюдателей яркость звезды за несколько дней вырастает в миллионы раз!

Если не знать, что на этом месте раньше уже что-то было, можно подумать, что звезда появилась из ниоткуда, как будто бы мы стали свидетелями ее рождения. А узнать это до появления телескопов и начала систематических наблюдений было невозможно, поэтому за такими вспыхивающими объектами издавна закрепилось название Новых звезд. И никого до поры до времени не беспокоил тот факт, что «новорожденная» звезда, вместо того чтобы занять постоянное место на небосклоне, через несколько месяцев гасла. Навсегда.

С развитием телескопических наблюдений выяснилось, что среди Новых нет даже приблизительного равенства: одни оказываются существенно «новее» других. В 1919 году шведский астроном Кнут Лундмарк обратил внимание на то, что среди Новых звезд, открытых к тому времени в Туманности Андромеды, резко выделяется звезда, замеченная 31 августа 1885 года немецким астрономом Гартвигом. По яркости она обогнала другие Новые

из того же объекта в десятки тысяч раз и почти стала видимой невооруженным глазом, сравнявшись с самой Туманностью Андромеды. Лундмарк был, вероятно, первым, кто заподозрил, что среди Новых звезд изредка встречаются особенно мощные экземпляры, однако степень их необычности он представить не мог, поскольку не знал расстояния до Туманности Андромеды.

Несколько лет спустя американский ученый Эдвин Хаббл совершил одно из важнейших открытий XX века. Он доказал, что Туманность Андромеды представляет собой гигантскую звездную систему, подобную нашей Галактике, и отстоит от нас, как мы теперь знаем, на 2 млн световых лет. Это открытие окончательно перевело звезду Гартвига в другую «весовую категорию». Она не просто стала ярче, она соперничала в блеске со звездной системой, состоящей из сотен миллиардов светил... Ученые наконец-то начали постигать истинную мощь этих вспышек. В 1934 году астрономы Вальтер Бааде и Фриц Цвикки предложили называть особенно яркие вспышки Новых звезд Сверхновыми.

Но со временем выяснилось, что Сверхновые - это не просто очень яркие Новые. Это совершенно другое физическое явление.

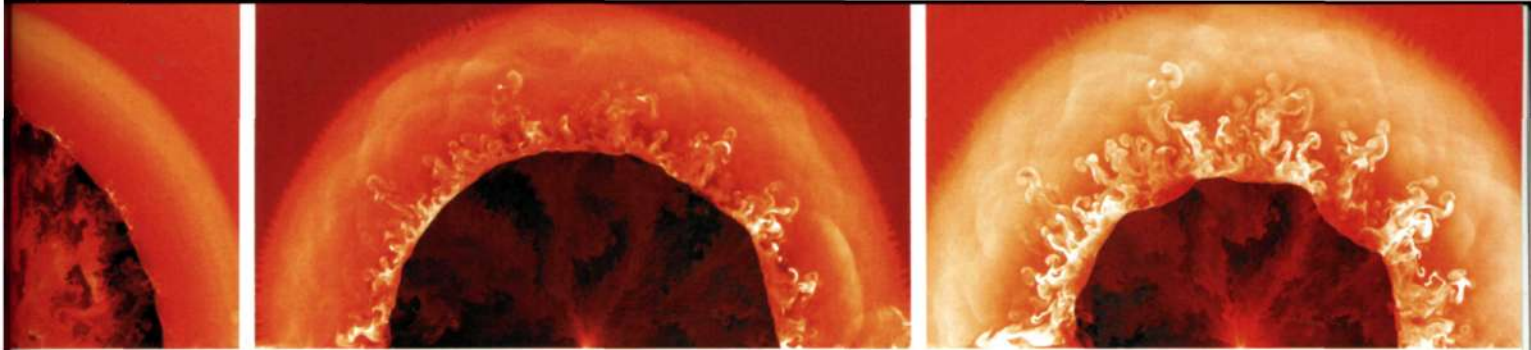
## Хорошо забытое старое

Наблюдения Сверхновых начались в глубокой древности, поскольку в те времена любому беспорядку на небе придавали особое значение. Легенда гласит, что именно появление Новой или Сверхновой звезды сподвигло древнегреческого астронома Гиппарха на создание первого в истории человечества звездного каталога: заметив «рождение» светила, ученый решил, что звезды, как и люди, нуждаются в переписи.

Всего за писаную историю человечества Сверхновые, видимые невооруженным глазом, вспыхивали на земном небосводе около десятка раз. К сожалению, люди в прежние времена не были столь искушены в астрономии, и потому в старых летописях описания Сверхновых зачастую мало отличаются от описаний комет и планет.

Самой знаменитой из исторических вспышек является, конечно же, Сверхновая 1054 года. Она подробно описана в китайских летописях как «звезда-гостья», появившаяся в созвездии Тельца, обогнавшая по яркости Венеру и на протяжении примерно трех недель различимая даже днем. Лишь через полтора года после вспышки звезда пропала из вида. Описания или изображения звезды-гостьи можно найти в корейских и японских хрониках, у индейцев майя и даже в наскальных рисун-





как североамериканских индейцев. На этом фоне остается загадкой полное отсутствие внятных упоминаний Сверхновой 1054 года в европейских хрониках. Почему от внимания европейских наблюдателей ускользнуло событие, так поразившее другие цивилизации? Впрочем, некоторые историки полагают, что под описание Сверхновой попадают небесные знамения, сопровождавшие в апреле 1054 года кончину папы Льва IX.

Подробные наблюдения Сверхновых начались только на рубеже XVI-XVII веков. Сверхновая 1572 года стала первой вспышкой, наблюдения которой провел профессиональный астроном - Тихо Браге. 11 ноября 1572 года он заметил, что в созвездии Кассиопеи появилась «лишняя» звезда, по яркости соперничающая с Юпитером. Вскоре она сравнялась в блеске с Венерой и была видна днем на протяжении двух недель. К концу ноября блеск звезды начал ослабевать, а цвет ее из ярко-белого стал почти красным. Лишь в марте 1574 года звезда Тихо снова стала невидима.

Прошло всего 32 года, и свидетелем еще одной подобной вспышки посчастливилось стать ученику

Тихо и не менее знаменитому астроному Йоганну Кеплеру. К сожалению, звезда Кеплера так и осталась последней Сверхновой, которую можно было легко наблюдать без помощи астрономических инструментов. Настоящим подарком для астрономов стала Сверхновая 1987А, вспыхнувшая 23 февраля 1987 года в Большом Магеллановом Облаке. Конечно, Магеллановы Облака - не ближний свет, и для невооруженного глаза вспышка была непримечательной, но благодаря мощным телескопам ее удалось изучить в мельчайших подробностях и во всех мыслимых диапазонах.

С появлением телескопов ситуация изменилась кардинально, и известные Сверхновые исчисляются уже тысячами. Благодаря мощным инструментам мы можем теперь следить за Сверхновыми буквально по всей Вселенной - благо речь идет об очень ярких вспышках! И так, что же по современным представлениям происходит в момент вспышки Сверхновой? Увы, оптимистическое название, присвоенное этому явлению, оказалось совершенно неуместным. Ни о какой «новизне» и уж тем более о «сверхновизне» речь не идет: вспышка ▶

С помощью компьютерной модели можно проследить развитие вспышки Сверхновой 1987А на отрезке времени от 5 минут до 3 часов после коллапса ядра. Ударная волна, проходя по веществу звезды, порождает сильную турбулентность



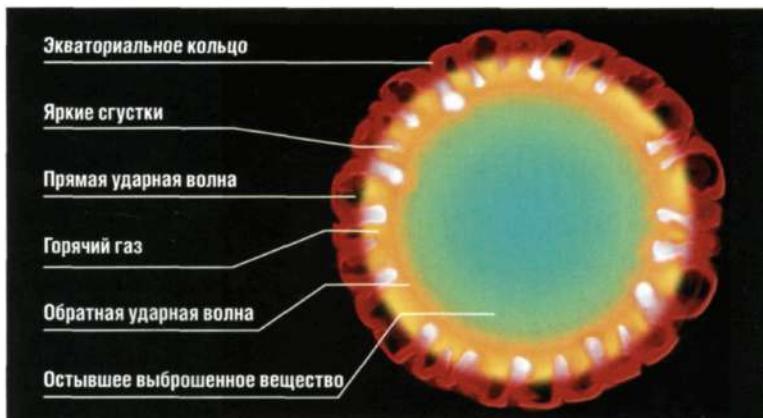
На этой гравюре изображен Тихо Браге, наблюдающий Сверхновую 1572 года. Вспышку 1054 года североамериканские индейцы запечатлели в наскальных рисунках

Созданный в Калифорнийском технологическом институте гамма-телескоп *GRIP* поднимут на воздушном шаре. С высоты 30 километров прибор будет улавливать жесткое излучение Сверхновой 1987А

## ГЕОФАКТЫ

- Сверхновая 1987А-первый известный источник нейтрино за пределами Солнечной системы
- Для моделирования Сверхновых используются те же программы, что и для моделирования ядерных взрывов
- Жесткое излучение Сверхновой 1987А первым зафиксировал советский телескоп «Рентген», установленный на станции «Мир»

Схема взаимодействия выброса Сверхновой 1987А с окружающим веществом



## Подобно электрической лампочке звезда ярко вспыхивает, прежде чем погаснуть

► Сверхновой отмечает не появление звезды, а ее уход. Однако уходить она может как минимум двумя разными способами.

### Уходя, гасите свет

Первым объяснение вспышки Сверхновой предложил в конце 1930-х годов все тот же Фриц Цвикки. С тех пор его идея значительно эволюционировала, но суть ее осталась прежней: грандиозным взрывом заканчивается жизненный путь массивной звезды. Подобно иным электрическим лампочкам, звезда ярко вспыхивает, прежде чем окончательно погаснуть.

По сути, массивная звезда представляет собой гравитационную бомбу замедленного действия. Основным источником звездной энергии является термоядерное горение водорода, в ходе которого он постепенно превращается в гелий. Постоянный внутренний подогрев необходим звезде, чтобы противостоять своему же собственному тяготению, которое стремится стянуть ее в точку. Пока

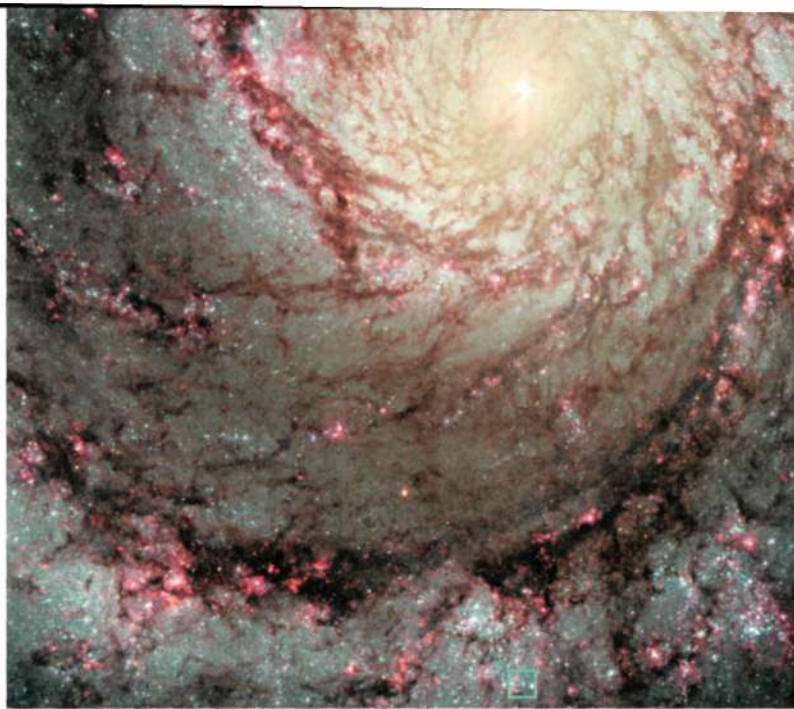
недра звезды достаточно горячи, гравитация бессильна. Но что происходит со светилом, в котором запасы водорода подошли к концу?

Теория звездной эволюции предсказывает, что на водороде горение заканчивается только у маломассивных звезд, подобных Солнцу. Они сходят со сцены относительно мирно: внешние слои звезды спокойно разлетаются в окружающее пространство, а постепенно остывающее ядро превращается в белый карлик. Если же масса звезды превышает солнечную примерно в 8-10 раз, цепочка термоядерного синтеза протягивается гораздо дальше. В момент исчерпания запасов водорода температура в ядре достаточно велика, чтобы началось горение гелия. Гелий, сгорая, превращается в углерод, углерод - в неон, магний и кислород. Из этих элементов синтезируются сера, кремний, аргон...

Все заканчивается на железе, потому что при образовании более тяжелых ядер энергия уже не выделяется, а поглощается. Каждый последующий этап в цепочке длится существенно меньше предыдущего. Например, в звезде, масса которой превышает солнечную в 15 раз, водород горит на протяжении 10 млн лет, а гелия хватает только на 2 млн лет. Потом пару тысяч лет горит углерод, на несколько лет растягивается горение кислорода, магния и неона... Последний этап звездной жизни - превращение кремния в железо - занимает всего пару недель.

По его завершении звезда, прожившая несколько миллионов лет, перестает существовать за какую-то долю секунды. Когда в ее центре образуется железное ядро массой примерно в полторы солнечных, звезда словно выключается. Ядро стремительно остывает, и внешние слои, лишившиеся поддержки, начинают сжиматься. Звезда буквально обрушивается внутрь самой себя со скоростью, достигающей десятков процентов скорости света - этот процесс называется коллап-►





Галактику M51 («Водоворот») фотографируют довольно часто. Поэтому астрономы без труда нашли на одном из снимков звезды, которая летом 2005-го вспыхнула как Сверхновая

#### ГЕОФАКТЫ

- Все Сверхновые, на наблюдениях которых Цвикки построил модель коллапса ядра, на самом деле были термоядерными Сверхновыми
- На месте Сверхновой с коллапсом ядра остается нейтронная звезда: объект диаметром в несколько километров и в полтора раза более массивный, чем Солнце
- Несимметричный взрыв способен разогнать нейтронную звезду до скорости порядка нескольких сотен километров в секунду

## Устойчивым белым карликам помогают взрываться менее массивные звезды

Синтез идет только в недрах светила и не затрагивает наружные слои, сохраняющие исходный химический состав. Поэтому в сброшенной оболочке Сверхновой и должно быть много водорода. Сложнее оказалось придумать обстоятельства, при которых можно было бы объяснить отсутствие водорода в сброшенной оболочке.

На разницу между Сверхновыми I и II типа указывает и их пространственное расположение. Сверхновые с водородом в оболочке встречаются только в спиральных и неправильных галактиках, где до сих пор активно рождаются звезды, причем они всегда сосредоточены вблизи молодых звездных скоплений или спиральных рукавов, то есть, именно там, где происходит звездообразование. Это вполне ожидаемо: если вспышки происходят на массивных звездах с коротким (по астрономическим меркам) временем жизни, то они не успевают далеко улечь от того места, где родились.

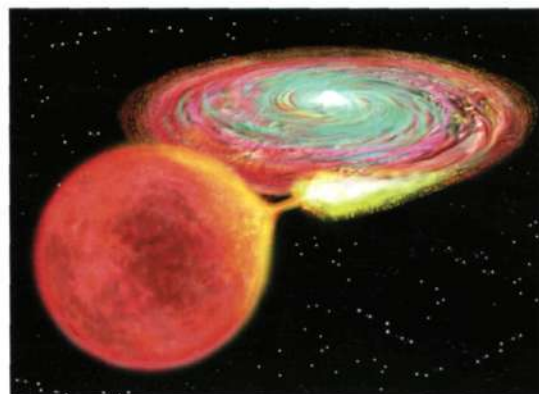
Сверхновые без водорода, напротив, встречаются и в эллиптических галактиках, населенных только старыми звездами, а в спиральных и неправильных галактиках не обнаруживают тяги к областям звездообразования. Все говорит о том, что Сверхновые I типа связаны с долгоживущими, то есть, с маломассивными объектами. Но почему вдруг взрывается маломассивная звезда? Конечно, и в ее жизни наступает такой момент, когда заканчивается топливо. Как правило, в звездах малых масс цепочка термоядерных реакций заканчивается на углероде и кислороде: для образования более тяжелых элементов не хватает температуры. После этого звезда превращается в остывающий белый карлик, но это превращение происходит вполне мирно, без сильного взрыва.

Решение загадки было найдено в тесных звездных парах. Там, где не может взорваться одна звезда, на помощь ей приходит другая. Сам по себе белый карлик очень устойчив, при условии что его масса не превышает критического значения

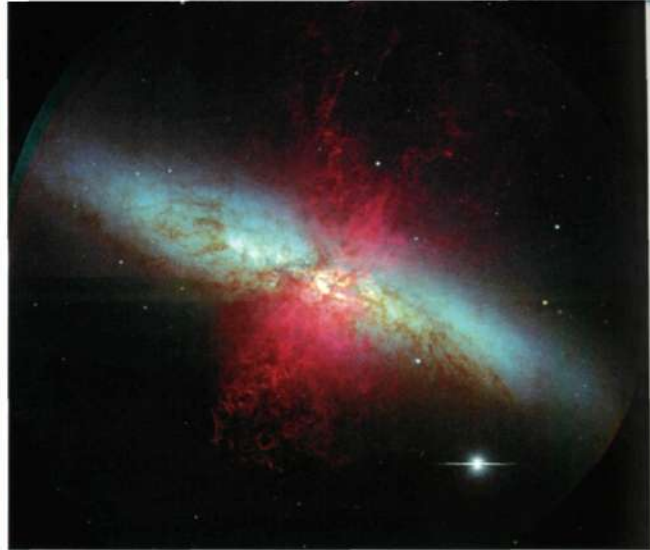
1,4 массы Солнца. Обычно с этим проблем не возникает: белые карлики с массой, превышающей критическую, просто не образуются. Но что произойдет, если взять обычный устойчивый белый карлик и начать добавлять к нему вещество?

Представьте себе систему, состоящую из двух небольших звезд с несколько разными массами. Более массивная звезда сгорает быстрее, сбрасывает оболочку и превращается в белый карлик. Менее массивный компаньон проходит те же стадии, но с некоторым опозданием. Когда он тоже разбухает, превращаясь в красный гигант, его вещество начинает перетекать на белый карлик, увеличивая его массу... Когда она достигает критического значения, происходит катастрофа. Сразу во всем теле белого карлика температура вдруг становится достаточно высокой для загорания термоядерных реакций с участием углерода, и он просто взрывается, как обыкновенная термоядерная бомба, только очень и очень большая.

Еще один возможный сценарий был предложен в 1984 году российским астрофизиком А.В. Тулуковым и его американским коллегой И. Ибеном для звездной пары, состоящей из двух белых карликов



В тесной двойной системе вещество перетекает с «нормальной» звезды на белый карлик. Когда масса белого карлика превышает критическое значение 1,4 массы Солнца, происходит термоядерный взрыв



Если много Сверхновых вспыхивают одновременно, они преодолевают притяжение галактики и выбрасывают вещество в межгалактическое пространство. Нечто подобное произошло в галактике M82 (на фото справа)

## Возможно, образование Солнечной системы стимулировала вспышка Сверхновой

• ков. Такая вращающаяся система излучает гравитационные волны, теряя энергию, из-за чего ее компоненты постепенно сближаются друг с другом, пока не сольются. Поскольку суммарная масса двух белых карликов наверняка превзойдет критическую, и в этом случае произойдет взрыв.

### Экология Галактики

Катастрофический коллапс массивной звезды и термоядерный взрыв на белом карлике - очень разные явления, но конец у них один и тот же: они оставляют после себя разлетающиеся с огромной скоростью оболочки, которые расширяются в пространство со скоростью десятков тысяч километров в секунду, сталкиваются с околозвездным газом, нагревают его и заставляют светиться. Постепенно оболочка сгребает окружающее вещество, выдувая в нем гигантский пузырь, тормозится и распадается на множество тонких волокон, приобретая характерную ажурную структуру. Благодаря этой структуре, например, известный остаток Сверхновой в созвездии Лебедя именуют то Рыбачьей Сетью, то Вуалью, а в распростертых волокнах туманности, оставшейся после вспышки Сверхновой 1054 года, астрономам привиделись конечности краба. Кстати, на связь «звезды-гос-ты» и Крабовидной туманности первым обратил внимание все тот же Лундмарк.

Обнаружены остатки и других исторических Сверхновых. В борьбе за звание самого изученного остатка с Крабовидной туманностью вполне может конкурировать остаток Сверхновой 1987A. Правда, он еще крайне молод, но зато за ним астрономы могут следить в буквальном смысле слова с самого первого дня его существования. Точнее сказать, в этом случае и остатка-то еще нет, поскольку вещество, сброшенное звездой при взрыве, все еще летит в полости, которую звезда расчитала звездным ветром на более ранних эволюционных этапах.

Среди близких и хорошо изученных остатков несколько особняком стоит оболочка, первоначально внесенная в астрономические каталоги как радиоисточник Кассиопея А. Возраст этого остатка

едва превышает 300 лет, то есть, породившая его Сверхновая вспыхнула в конце XVII века. Созвездие Кассиопеи прекрасно видно из северного полушария Земли, к тому же в то время астрономические наблюдения проводились уже регулярно... Тем не менее, никаких упоминаний об этой вспышке почему-то не сохранилось.

Теория и наблюдения свидетельствуют, что вспышки Сверхновых II типа в нашей Галактике происходят примерно раз в столетие, вспышки Сверхновых I типа - в 10 раз реже. Поскольку Галактика в целом живет неспешно, можно сказать, что взрывы грохочут практически непрерывно, внося заметный вклад в ее экологический баланс. Остатки вспышек врезаются в межзвездный газ, нагревают его, перемешивают и обогащают тяжелыми элементами, синтезированными как в ходе предыдущей эволюции звезды, так и непосредственно во время взрыва. Взаимодействие ударных волн, образующихся при расширении оболочек Сверхновых, с магнитным полем Галактики ускоряет заряженные частицы, которые мы потом называем космическими лучами. Межзвездный газ, сжатый оболочками, становится местом рождения новых поколений звезд, и через несколько миллионов лет в нем взрываются новые Сверхновые...

Есть даже гипотеза, что именно близкая вспышка Сверхновой в свое время стимулировала образование Солнца и Солнечной системы. Синтезированные в этой вспышке химические элементы мы до сих пор находим в метеоритах. Да и вообще почти все элементы тяжелее бора родились при вспышках Сверхновых. В частности, Сверхновые I типа являются основными поставщиками железа во Вселенной, а Сверхновым II типа мы обязаны галактическими запасами кислорода. Поэтому, чтобы увидеть продукты этих колоссальных взрывов, вовсе не нужно глядеть куда-то далеко. Достаточно просто посмотреть вокруг, в том числе, и на себя. Как говорил, английский астрофизик Артур Эддингтон, «человечество - это звездная пыль, пошедшая неверным путем».

Одним словом, Сверхновые - важнейший элемент галактической экосистемы. Да и не только галактической. Помимо остатков одиночных

### ГЕОФАКТЫ

- Ветер, порожденный Сверхновыми, выбрасывает из галактик половину всех синтезированных в них тяжелых элементов
- Пробитые Сверхновыми «дырки» в газовом диске Галактики занимают примерно 15% его площади
- Благодаря автоматическим патрульным наблюдениям сейчас открываются примерно сто Сверхновых в год. Всего же их известно более трех тысяч

Сверхновых в нашей и других галактиках обнаружено множество «сверхпузырей». Их появление связывают с многократными вспышками Сверхновых в молодых звездных скоплениях. Массивные звезды не рождаются поодиночке. Они появляются на свет группами и уходят также коллективно. При этом оболочки от десятков взрывов сливаются в общую сверхоболочку, энергия которой столь велика, что способна прорвать газовый диск и выйти в окологалактическое пространство. Поскольку в разных местах Галактики такие сверхоболочки существуют практически всегда, от диска постоянно «дует» горячий галактический ветер, засоряющий продуктами взрывов Сверхновых уже не межзвездную, а межгалактическую среду.

Очень важными оказались термоядерные Сверхновые для космологии. Поскольку такая вспышка - это почти всегда одно и то же событие, то есть, взрыв белого карлика массой 1,4 массы Солнца, термоядерные Сверхновые очень похожи друг на друга. Это означает, что их можно использовать в качестве индикаторов расстояния («стандартных свечей»). Допустим, у нас есть Сверхновая, расстояние до которой известно. Сопоставив это расстояние с видимой яркостью вспышки, мы можем рассчитать ее истинную светимость. Затем берем Сверхновую с неизвестным расстоянием, предполагаем, что истинная светимость у нее такая

же, как у первой Сверхновой, и по видимой яркости вычисляем расстояние до Сверхновой и до той галактики, в которой она вспыхнула. Поскольку Сверхновые очень ярки и видно их издалека, эта «линейка» годится даже для объектов на космологических расстояниях. Именно охота за далекими Сверхновыми станет одной из основных задач для будущего Космического телескопа Уэбба.

Разумеется, реальный мир Сверхновых существенно более разнообразен. Есть еще «гиперновые» - особенно мощные взрывы очень массивных звезд. Они, как сейчас предполагают, могут быть связаны с гамма-всплесками, короткими импульсами жесткого излучения, которые примерно раз в день освещают Землю. Есть еще (точнее, были) вспышки «суперсверхновых», которыми заканчивали эволюцию гипотетические догалактические сверхмассивные звезды, обеспечившие первичное обогащение Вселенной тяжелыми элементами... Однако об этих объектах нам известно пока значительно меньше, чем об «обычных» Сверхновых, поэтому разговор о них можно отложить до будущих времен...

*Дмитрий Виб*

#### GEO COBETVET

[www.astronet.ru/db/sn/](http://www.astronet.ru/db/sn/)

[www.nature.web.ru/db/msg.html?mid=1168207&s=](http://www.nature.web.ru/db/msg.html?mid=1168207&s=)

[www.rochesterastronomy.org/supernova.html](http://www.rochesterastronomy.org/supernova.html)

Ю.П. Псковский. Новые и Сверхновые звезды. М., Наука, 1985

#### GEO ФАКТЫ

- Согласно некоторым расчетам, близкая вспышка Сверхновой способна сорвать с Земли озоновый слой
- Наблюдения термоядерных Сверхновых на больших расстояниях позволили определить, что Вселенная расширяется с ускорением
- Известно несколько двойных систем, в которых вспышка термоядерной Сверхновой может произойти в любой момент

**COMAZO THERMO:**

Надежный фундамент для спорта

**comazo**  
QUALITY FROM GERMANY

www.comazo.ru

Реклама Товар сертифицирован